

# EXPERIMENTAL NETWORK COVERAGE MEASUREMENT

**Martin Štrajt**

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xstraj02@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Radek Fujdiak

E-mail: fujdiak@feec.vutbr.cz

**Abstract:** The primary focus of my project is a long-range low-power communication technology called LoRaWAN. It contains the definition and integration of Low Power WAN Networks and also lists of some uses and some examples of representative. The theoretical part explains in detail the used modulation, frequency and associated limitations. The practical part includes simulation of coverage with a description of the simulation method and the last chapter of the measurement, which describes the description of the measuring device, the measurement methodology and a brief outline of the connection the device to the network.

**Keywords:** LoRaWAN, LPWAN, IoT, Simulation, Coverage, Longley-Rice, ITU-R P.526-11

## 1 ÚVOD

LoRaWAN je nová komunikační technologie navržena pro potřeby IoT (Interenet of Things) potřeby. Kombinuje výhody velmi nízké energetické náročnosti a přitom velkého dosahu díky svým technikám rozprostřeného spektra dovede dekodovat přijatý signál i hluboko pod hladinou šumu. K získání co nejlepších výsledků při prováděném měření a simulaci, je nutné porozumět principu modulace a všem okolnostem které mají konečný vliv na provedené simulace a měření. První část práce se tak zabývá unikátním popisem chirp modulace, rozbořem využívaného frekvenčního pásma a omezení při jeho užívání a všemi parametry ovlivňující výsledný signál, jako například šířka pásma, střída, kódový poměr a činitel rozptřeni. LoRaWAN využívá kódový multiplex [1] a je tak nutné, aby byl příjemce schopen detekovat signál pod hladinou šumu. To napomáhá dosažení velkých vzdáleností přenosu a tak nejsou potřebné velké výkony vysílačů a zařízení ve výsledku splňují přísné požadavky na energetickou náročnost. Dále byla rozebrána situace ve frekvenčním spektru, konkrétně frekvenční rozsah využívaný probíranou technologií a různá omezení plynoucí z nařízení a doporučení českého telekomunikačního úřadu a evropské rady jako je střída a maximální vyzářený výkon jednoho zařízení. Tyto podmínky provozování sítě, jsou uvedeny i ve specifikaci vydané lora aliancí, které jsou v práci také shrnuty spolu s popisem tříd a nastavitelných parametrů modulace. Krátký úsek je také věnován lokalizační službě, kterou LoRaWAN nabízí. Dosud však není stanoveno konkrétní provedení samotné lokalizace, a tak zde byla popsána trilaterace, tedy výpočet vzdálenosti na základě času přijaté zprávy 3 mi a více branami [2].

## 2 SIMULACE

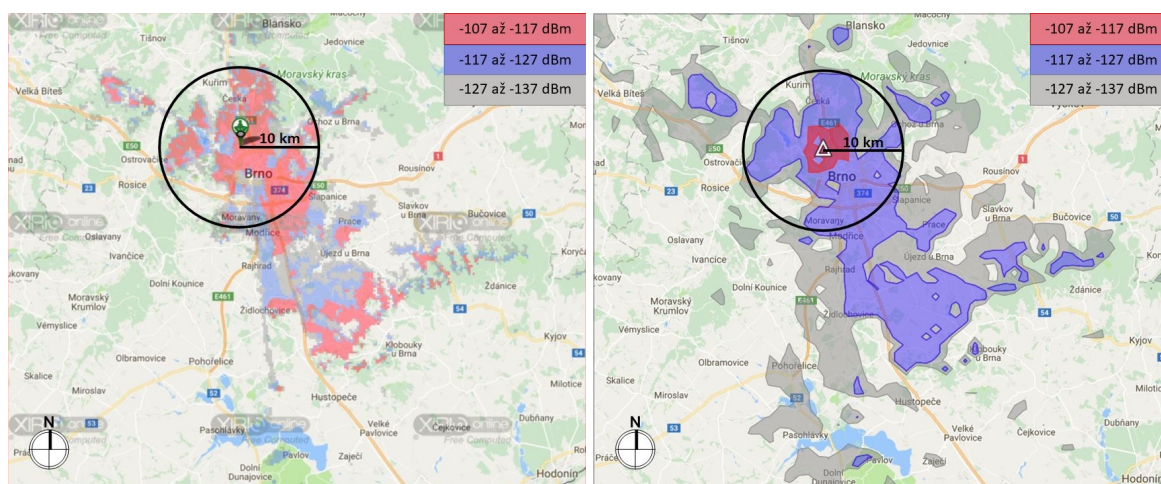
Pro reálnou představu možností technologie LoRaWAN bylo potřeba vytvořit simulace pokrytí. Následující částí je tak kapitola simulací, ve které jsou popsány techniky simulace a samotné výsledky simulování pokrytí města Brna a jeho okolí. Parametry simulací byly zvoleny s ohledem na co možná největší podobu s budoucím měřením. Tyto výsledky budou ověřeny v následné bakalářské práci. Pro tyto měření byl zakoupen testovací modul. Dále byla navržena sada měřících technik, které budou v budoucí bakalářské práci prakticky provedeny a výsledky těchto testů budou zpracovány do podoby

map pokrytí. Tyto mapy budou nakonec porovnány se simulacemi a výsledky budou vyhodnoceny. V Tabulce 1 jsou uvedeny nejdůležitější parametry, které byly vloženy do nastavení simulačních nástrojů. Řádek výkon obsahuje výkon do antény a je uveden ve dvou odlišných jednotkách a to z toho důvodu, že dva ze simulačních nástrojů vyžadují tento parametr ve watech a zbylé dva v decibelech nad miliwatem. Oboje hodnoty jsou však ve výsledku téměř shodné, neboť 8 dBm se přibližně rovná 6,25 mW.

**Tabulka 1:** Tabulka základních parametrů jednotlivých simulací

	CRC	Xirio	RadioMobile	TowerCoverage
Výška antény	28 m	28 m	28 m	28 m
Frekvence	868 MHz	868 MHz	902 MHz	868 MHz
Výkon	6,25 mW	8 dBm	6,25 mW	8 dBm
Zisk antény	8 dBi	8 dBi	8 dBi	8 dBi
Ztráty na vedení	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB
Polarizace	Horizontální	Horizontální	Horizontální	Horizontální
Typ antény	Omni	Omni	Omni	Omni
Azimuth	0°	0°	0°	0°
Výška mob. antény	2 m	2 m	2 m	2 m
Zisk mob. antény	2 dBi	2 dBi	2 dBi	2 dBi

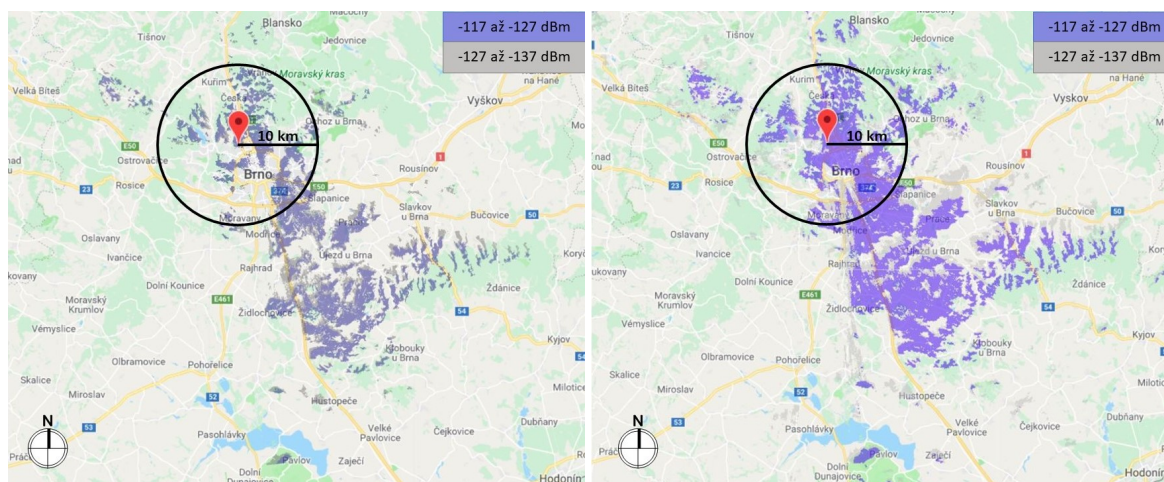
První ze simulací byla provedena tzv. Longley–Rice metodou predikování útlumu rádiových signálů. Parametry byly nastaveny tak, aby se co nejvíce podobaly reálným podmínkám. Vysílací stanice (tzv. Gateway) byla na mapě umístěna do areálu budovy T12 na ulici Technická v Brně do výšky 28 metrů ve vertikální poloze. Mezi definované parametry antény patří zisk a vyzářovací diagram. Výška přijímače byla stanovena na 1,5 metru nad zemí, vzhledem k budoucímu měření pokrytí. Dále byli nastaveny parametry jako povrchová refraktivita, dielektrická konstanta země, vodivost zeminy a klimatická oblast měřené oblasti. Použitá anténa má zisk 8,15 dBi, neboli 6 dBd. Tento zisk byl zahrnut do výpočtu výkonu vysílače, neboť maximální vyzářený výkon je součtem výkonu vysílače a zisku antény a nesmí překročit stanovenou hodnotu 14 dBm, jak to ukládá národní kmitočtová tabulka a samotná specifikace protokolu LoRaWAN.



**Obrázek 1:** Vlevo simulace programem Xirio a v pravo simulace Longley-Rice

Simulace na Obr. 1 byla provedena profesionálním programem pro simulace radioelektrického pokrytí Xirio. Parametry byly stejně jako u předchozí simulace nastaveny tak, aby se co nejvíce podobaly reálným podmínkám. Oproti ostatním simulacím tento program využívá odlišnou metodu

predikce útlumu a jako jediný dovoluje výběr konkrétní modulační. Počítá tedy s parametry jako je kódový poměr, které ovlivňují výsledné pokrytí. Tato metoda nese označení ITU-R Rec. P.526-11. Je to doporučení vydané Radiokomunikačním sektorem mezinárodní telekomunikační unie ITU. Simulační nástroj TowerCoverage poskytuje pouze dvě rozmezí vykreslení síly signálu a je odvozen od nástroje RadioMobile. Výsledek predikce pokrytí poskytnutá nástrojem TowerCoverage můžeme vidět na Obr. 2 vlevo. Simulace RadioMobile podobně jako u TowerCoverage vykresluje jen dvě rozhodovací úrovně přijímaného signálu. RadioMobile nepodporuje frekvenční rozmezí od 460 MHz do 902 MHz, a tak byla tato simulace zhotovena pro frekvenci 902 MHz, což má pouze nepatrný dopad na výsledné pokrytí.



**Obrázek 2:** Vlevo simulace TowerCoverage a v pravo simulace RadioMobile

### 3 ZÁVĚR

Klíčovým rozdílem predikčních programů je standard podle kterého se počítá útlum mezi dvěma body na mapě. Zatímco TowerCoverage a RadioMobile využívají ITM, program Xirio využívá ITU-R a CRC využívá Longley-Rice, která vychází také z ITM. Z mapových výsledků lze pozorovat, že nejlepší pokrytí vykreslil program Xirio a to zejména díky tomu, že jako jediný nástroj uvažuje výhody systému LoRa. Simulace Longley-Rice znázorňuje obsahově největší pokrytí, avšak oproti Xiriu s nižší úrovní signálu. Nejmenší pokrytí avizuje simulátor TowerCoverage. Tvarem je podobný příbuznému RadioMobile, jehož objem je větší a to i přes skutečnost, že u něj byla nastavena kratší vlnová délka. Příčinou tohoto rozdílu je nastavení "hustoty" jednotlivých prostředí, kterými signál prochází. Dalším parametrem který ovlivnil výsledek je povrchová refraktivita a konduktivita země, tyto parametry čerpá každý simulátor z map jednotlivých lokací, například TowerCoverage využívá povrchové podklady vydané Evropskou agenturou pro životní prostředí. V následujících měsících budou simulace ověřeny praktickým měřením pomocí již zhotovené vývojové sady a s porovnáním výsledku pak bude možno vyhodnotit nejvěrohodnější simulátor, pro danou technologii.

### REFERENCE

- [1] KLAUDER, J. R., A. C. PRICE, S. DARLINGTON a W. J. ALBERSHEIM. The Theory and Design of Chirp Radars. *Bell System Technical Journal* [online]. 1960, 39 (4), 745-808 [cit. 2017-12-03]. DOI: 10.1002/j.1538-7305.1960.tb03942.x. ISSN 00058580.
- [2] FARGAS, Bernat Carbones a Martin Nordal PETERSEN. GPS-free geolocation using LoRa in low-power WANs. In: *2017 Global Internet of Things Summit (GloTS)* [online]. IEEE, 2017, 2017, s. 1-6 [cit. 2018-03-04]. DOI: 10.1109/GIOTS.2017.8016251. ISBN 978-1-5090-5873-0.